8

Ueber die Luft,

als die unversiegbare Quelle alles Lebens,

über

ihre Bedeutung für die Landwirthschaft

und

Versuche über ihre qualitative Zusammensetzung

von

Dr. H. Reinsch,

Rector der k. Gewerbschule zu Erlangen.

Erlangen, 1866.

Druck der Universitäts-Buchdruckerei von E. Th. Jacob.

Digitized by Google

Unſer Erdball beſteht aus Stoffen von ſehr verſchiedenen Eigenſchaften; die auffallendſte Verſchiedenheit, welche ſich uns aber bei ihrer näheren Betrachtung darbietet, iſt der Zuſammenhang ihrer Theilchen. Je nach dieſem Zuſammenhang unterſcheidet man drei verſchiedene Zuſtände der Körper: den feſten Zuſtand, bei welchem die einzelnen Theilchen der Körper unbeweglich ſind und nur durch eine äußere Kraft in Bewegung verſetzt oder getrennt werden können; den tropfbarflüſſigen Zuſtand, bei welchem die Theilchen ſo beweglich ſind, daß ſolche Körper nur in Gefäßen aufbewahrt werden können, wobei ihre Oberfläche ſtets horizontal erſcheint; bei ihrer Trennung in kleine Theile bilden ſie Tropfen, weßhalb ſolche Körper tropfbarflüſſig genannt werden. Der dritte Zuſtand der Körper iſt der luft- oder gasartige; bei dieſem iſt die Beweglichkeit der Theilchen ſo groß, daß ſolche Körper nicht in offenen, ſondern nur in verſchloſſenen Gefäßen aufbewahrt werden können, weil ſie ſich in offenen Gefäßen nach allen Seiten gleichmäßig ausdehnen und ſich mit der ſie umgebenden Luft vermiſchen. Dieſe drei verſchiedenen Zuſtände werden von der Wärme bedingt; es läßt ſich annehmen, daß alle Kör-

---

Anmerkung. Dieſe Abhandlung iſt der Separatabdruck eines Schulprogrammes, welches zunächſt für Leſer beſtimmt war, denen die Chemie ferne liegt, welches aber trotzdem auch durch die Unterſuchung über die qualitativen Beſtandtheile der Luft, die Auffindung einer nicht geringen Menge von Phosphorſäure in derſelben und namentlich die Nachweiſung des großen Phosphorſäuregehaltes der Steinkohlen für den Chemiker und den wiſſenſchaftlich gebildeten Oekonomen einiges Intereſſe darbieten dürfte.

Digitized by Google

per, welche nicht durch die Einwirkung der Wärme zerstört werden, durch ihren Einfluß in diese drei Zustände versetzt werden können. Das bekannteste Beispiel in dieser Beziehung ist das Wasser, welches bei niedriger Temperatur unter 0° fest ist, Eis bildet, bei mittlerer Temperatur von 0° — 80° R. tropfbar flüssig ist, und bei Kochhitze, über 80° in Dampf- oder Gasform übergeht. Einige Körper, wie Quecksilber können nur durch große Kälte in den festen, oder durch große Hitze in den luftartigen Zustand verwandelt werden; andere, z. B. mehrere Metalle wie Platin ꝛc., schmelzen erst bei der größten Hitze, werden aber bei fortgesetzter Einwirkung der Hitze, wenn auch nur sehr langsam, verflüchtigt, und in die Luft übergeführt. Es giebt keinen Körper, welcher nicht durch die stetige Einwirkung von Hitze und Luftzug in dampfförmigen Zustand übergehen könnte; nur sind die Grenzen, bei welchen dieses geschieht, bald sehr weit auseinanderliegend, wie bei den sogenannten feuerbeständigen Körpern, bald sehr genähert, wie bei den unbeständigen Gasen. So kann bekanntlich die Luftart, welche sich aus gährenden Flüssigkeiten entwickelt, die Kohlensäure, bei einem Druck von 36 Atmosphären in eine Flüssigkeit verwandelt werden, welche bei ihrer Verdampfung eine so große Kälte entwickelt, daß sie in eine weiße, feste Masse übergeht, während sie außerdem luftartig ist. Leicht flüchtige Körper, wie Aether, Benzin ꝛc. besitzen das Bestreben, sich auch bei gewöhnlicher Temperatur in Dampf zu verwandeln und sich mit Luft zu vermischen. Einige Gase konnten zwar bis jetzt auch bei dem größten Druck und der größten Abkühlung noch nicht tropfbarflüssig gemacht werden, weßhalb man sie beständige Gase nennt, wie Sauer-, Wasser- und Stickstoffgas; es ist aber nicht daran zu zweifeln, daß diese Gase ebenfalls in den flüssigen Zustand unter angemessenen Verhältnissen übergeführt werden können. Wenn zwei oder mehrere verschiedene Luftarten zusammenkommen, so durchdringen sie sich gegenseitig und bilden ein so gleichartiges Gemische, daß in dem klein-

Digitized by Google

sten Bläschen dieses Gemisches alle einzelnen Gase enthalten sind. Die Vermischung von Luftarten geht sehr schnell vor sich; läßt man z. B. am einen Ende eines großen Saales einige Blasen eines starkriechenden Gases, etwa Schwefelwasserstoffgas, in die Luft strömen, so kann in sehr kurzer Zeit der Geruch dieses Gases am entgegengesetzten Ende des Saales bemerkt werden. Aber nicht allein Gase vermischen sich mit der Luft, sondern auch alle Körper, welche durch die Wärme verflüchtigt werden können; ein einziges Zündhölzchen kann, langsam an die Wand eines Zimmers gestrichen, damit es sich nicht entzündet, die Luft des Zimmers mit Phosphorgeruch erfüllen; ein Stückchen Arsenik, von der Größe eines Mohnkörnchens, auf einer Kohle mit der Löthrohrflamme erhitzt, erfüllt einen großen Raum mit Knoblauchgeruch. Daraus ergiebt sich, daß sich die Körper bei ihrer Verdampfung unendlich vertheilen. Ja, selbst Körper wie Soda, Potasche, Kalk ꝛc., die an und für sich in der stärksten Glühhitze nicht flüchtig sind und unverändert bleiben, verflüchtigen sich beim Erhitzen unter Mitwirkung von Luftzug, und vermischen sich dann mit der Luft. So verschwindet die Soda, wenn man sie auf einem Platindraht in einer Weingeistflamme erhitzt, wobei letztere in Folge der Verdampfung der Soda stark gelb gefärbt wird, und vertheilt sich dann in der Luft; ihre Anwesenheit in letzterer, obgleich sie in unendlich geringer Menge in der Luft enthalten ist, läßt sich dann immer noch durch den Spectralapparat erkennen. Daraus ergiebt sich, daß an und für sich nicht flüchtige Körper in der Luft enthalten sein können, denn nach ihrer Verdampfung unter Vermittelung des Luftzuges sind sie in so unendlicher Vertheilung in der Luft aufgelöst, daß ihre Theilchen nicht mehr dem Gesetze der Schwere Folge leisten, sondern in der Luft schweben bleiben. Da nun bei der Verbrennung der Körper diese verschwinden und dabei in die Luft übergehen, so müssen auch alle brennbaren Körper mit der Luft vermischt werden und in der Luft enthalten bleiben; da es aber

Digitized by Google

keinen Körper giebt, welcher nicht brennbare Bestandtheile enthalte, oder wenigstens solche Bestandtheile, die unter gewissen Bedingungen in brennbare Körper übergehen können, so müssen fast alle Körper, die verschiedenen chemischen Grundstoffe und ihre Verbindungen, namentlich die leicht entzündlichen, wie Phosphor, Schwefel und Kohle in der Luft enthalten sein, und zwar in einem Verhältniß, in welchem sie durch den fortwährenden Verbrennungsproceß von den verschiedenen Brennmaterialien: Holz, Steinkohle, Braunkohle und Torf in die Luft geführt werden. Alle diese Brennmaterialien enthalten aber auch eine nicht geringe Menge von Aschenbestandtheilen, welche aus alkalischen und erdigen Metalloxyden bestehen; diese werden ebenfalls bei der Verbrennung theilweise mit in die Luft geführt, je nachdem der bei der Verbrennung stattfindende Luftzug stärker oder schwächer ist. Die atmosphärische Luft kann nach diesen Erörterungen nicht eine bloße Mischung von einem Maaß Sauerstoff und vier Maaßen Stickstoff sein mit einer sehr geringen Menge Kohlensäure und Spuren von Ammoniak, sondern sie muß auch die verschiedenartigsten mineralischen Stoffe, namentlich aber die brennbaren Körper: Schwefel und Phosphor in nicht geringer Menge enthalten, wie dieses in der Folge unzweifelhaft nachgewiesen werden soll.

Unser Planet besteht aus drei Hauptschichten: einer festen, mineralischen Schichte, welche höchst wahrscheinlich einen metallischen Kern umschließt, weil das specifische Gewicht des ganzen Planeten ein mehr als doppelt größeres als das der uns bekannten, die Rinde des Planeten bildenden, Gebirgsarten ist, dann aus einer flüssigen Schichte, dem Wasser, welches bis zu einer Tiefe von 40,000′ die mineralische Erdrinde bedeckt, und aus welcher die Erdtheile als zwei große Inseln, eine östliche und westliche, hervorragen; beide Schichten werden endlich von einer dritten Schichte: der Luft oder Atmosphäre umhüllt, welche wahrscheinlich bis zu einer Höhe von 10 Meilen die Erdkugel als

Digitized by Google

eine nach Oben hin sich immer mehr verdünnende elastische Flüssigkeit umgiebt, also auch über die höchsten Berge, deren größte Höhe nicht viel über eine deutsche Meile beträgt, hinwegfluthet. Die atmosphärische Luft besteht der Hauptsache nach aus 79 Raum- oder 77 Gewichtstheilen Stickstoffgas und 21 Raum- oder 23 Gewichtstheilen Sauerstoffgas; außerdem enthält sie noch durchschnittlich 0,8 Raumprocente Wasserdampf und 0,04 Raumprocente Kohlensäure, sie ist der Repräsentant von allen Eigenschaften der Gase, dehnt sich beim Erwärmen um 1° C. um $^1/_{273}$ ihres Volumens aus und folgt dem Gesetz des Drucks für Gase, d. h. ihr Umfang vermindert sich in demselben Verhältnisse, in welchem der Druck zunimmt; sie bleibt aber auch noch bei dem größten Druck luftartig, denn ihre beiden Hauptbestandtheile, Stick- und Sauerstoff sind beständige Gase. Die Luft ist bei gewöhnlichen Druckverhältnissen 773mal leichter als Wasser, d. h. ein Gefäß, welches 773 Lothe Wasser fassen kann, wird durch ein Loth Luft erfüllt. Da die Luft zusammendrückbar ist, so müssen die unteren Luftschichten dichter als die oberen sein, was durch das Barometer bewiesen werden kann, denn dieses Instrument giebt den Druck der Luft in den verschiedenen Höhen genau an. In Deutschland beträgt der durchschnittliche Stand der Queckfilberfäule des Barometers 28 Zoll = 336 Par. Lin.; da nun eine Queckfilberfäule von 28″ und einem Quadratzoll Querschnitt 16 Pfund wiegt, so drückt die Atmosphäre jeden Quadratzoll der Erdoberfläche mit diesem Gewichte, oder auf jedem Quadratfuß mit einem Gewicht von 2304 Pfunden, d. i. 23 Centnern. Eine geographische Meile hat 521,8 Millionen Quadratfuß, folglich beträgt der Druck der Luft auf eine Quadratmeile oder deren Gewicht 23 × 521,800,000 Centner und das ganze Gewicht der Atmosphäre 9 Millionen mal mehr, weil die ganze Oberfläche der Erde über 9 Millionen Quadratmeilen beträgt. Würde die Luft gleiche Dichtigkeit besitzen, so würde sie nur eine Schichte von 24,530 Fuß Höhe

Digitized by Google

über der Oberfläche der Erde bilden; da aber ihre Dichtigkeit im Verhältnisse des Druckes abnimmt, so ist sie bei einer Höhe von 13,407 Fuß nur halb so dicht wie auf der Oberfläche der Erde, bei 26,814 Fuß, also etwa bei der Höhe von einer deutschen Meile nur $^1/_4$ mal so dicht, und bei 80,442 Fuß, oder bei der Höhe von $3^1/_3$ deutscher Meilen nur $^1/_{64}$ mal so dicht als wie auf der Oberfläche der Erde, d. h. 1 Maaß Luft von der Oberfläche der Erde genommen, würde sich in einer Höhe von $3^1/_3$ Meilen zu 64 Maaßen ausdehnen.

Die Luft ist die Ursache des Lebens der Thiere und Pflanzen, denn sie enthält jenen Stoff, den Sauerstoff, ohne welchen weder Thiere noch Pflanzen leben können, weßhalb dieser Stoff mit Recht Lebensluft genannt worden ist. Dieser Stoff ist aber auch zugleich die Ursache des Feuers und der Verbrennung, weßhalb man ihn auch Feuerluft genannt hat. Ohne Sauerstoff würde es also weder Thiere noch Pflanzen geben; ohne Sauerstoff würde die Verbrennung der brennbaren Körper, also das Feuer, unmöglich sein, ohne Sauerstoff kein Licht und keine Wärme existiren. Man kann sich leicht von der Zusammensetzung der Luft aus zwei verschiedenen Luftarten, deren eine das Verbrennen der Körper unterhält, deren andere das Verbrennen nicht unterhält, in welcher im Gegentheil ein brennender Span sogleich verlischt, überzeugen: man braucht nur in einer mit Wasser gefüllten Schüssel ein kleines Porzellanschälchen schwimmen zu lassen, in welchem man ein Stückchen Phosphor angezündet hat, und hierauf eine Glasglocke über den brennenden Phosphor zu stürzen, so daß die äußere Luft durch das Wasser in der Schüssel von der Luft in der Glasglocke abgeschlossen ist. Der Phosphor wird noch eine Zeit lang fortbrennen, dann verlischt er und es steigen nur weiße Nebel von demselben auf, welche die Glocke anfüllen; man bemerkt nun, daß das Wasser in die Glocke hineindringt und zuletzt den fünften Theil der Glocke anfüllt; durch den Phosphor ist deßhalb der fünfte Theil von der Luft in der Glocke verzehrt

Digitized by Google

worden, und dieser hat sich dadurch in Phosphorsäure verwandelt; in dem Rückstand der Luft, welcher $^4/_5$ vom ursprünglichen Volumen der Luft in der Glocke beträgt, verlöschte der übrig gebliebene Phosphor von selbst; eben so verlöscht ein brennender Span in derselben, und man nannte deßhalb diesen Theil der Luft, welcher das Verbrennen der Körper nicht unterhalten kann, Stickluft oder Stickstoffgas. Dieses Experiment läßt sich in ähnlicher Weise mit einem Vogel, welchen man unter die Glocke sperrt, ausführen: das Thier lebt so lange als noch eine hinlängliche Menge von Sauerstoff in der Glocke vorhanden ist; dann aber wird sein Athmen immer ängstlicher und zuletzt muß er, in Folge Mangels an Lebensluft, ersticken. Durch sehr genaue und lang fortgesetzte Versuche hat man nun mit Sicherheit ermittelt, daß die Luft auf der ganzen Erde, in Thälern wie auf den höchsten Bergen mit sehr geringen Schwankungen aus 79 Raumtheilen Stickluft und 21 Raumtheilen Lebensluft besteht. Bei der Verbrennung der Körper in der Luft verbinden sich diese mit dem Sauerstoff, und viele Körper nehmen durch diese Verbindung einen sauren Geschmack an; darauf gründet sich nun auch der Name Sauerstoff. Wenn wir Phosphor verbrennen, so geht derselbe, welcher an und für sich fast geschmacklos und in Wasser unauflöslich ist, in eine weiße, sehr saure, in Wasser leicht lösliche Masse, in Phosphorsäure über; verbrennen wir Schwefel, so entwickelt sich dabei bekanntlich ein stechender Schwefelgeruch, welcher schweflige Säure genannt wird, die sich ebenfalls in Wasser auflöst, und aus einer Verbindung von Schwefel mit Sauerstoff besteht; wenn wir Kohle verbrennen, so verschwindet die Kohle und bildet mit dem Sauerstoff ein säuerlich schmeckendes Gas, die Kohlensäure, welche dem schäumenden Bier, dem Champagner, dem Selterswasser den erfrischenden Geschmack ertheilt. Auch der Stickstoff vermag sich mit Sauerstoff zu verbinden, jedoch nicht in so einfacher Weise wie die ebengenannten drei Stoffe; diese Verbindung des Stickstoffs mit Sauer-

Digitized by Google

stoff ist eine höchst ätzende Säure, welche Salpetersäure oder Scheidewasser genannt wird, weil man sie gewöhnlich aus dem Salpeter erhält und sie zum Scheiden des Goldes von anderen Metallen gebraucht.

Die Verbindung des Sauerstoffs mit den brennbaren Körpern geht theils sehr rasch vor sich unter Feuererscheinung, wie bei der Verbrennung des Phosphors, des Schwefels, der kohlenwasserstoffhaltigen Körper, wozu alle jene Körper gehören, welche beim Anzünden mit leuchtender Flamme verbrennen, wie Terpentinöl, Petroleum, Wachs, Unschlitt ꝛc., theils langsamer ohne Feuererscheinung, wie beim Sauerwerden weingeisthaltiger Flüssigkeiten, z. B. des Biers, Weins ꝛc., worauf sich auch die Essigbereitung gründet, oder endlich beim Lebensproceß. Dieser beruht nämlich auch nur auf der Verbindung von brennbaren Stoffen mit Sauerstoff, und unser Leben ist demnach eine fortwährende Verbrennung, durch welche auch unsere Körperwärme unterhalten und die Thätigkeit unserer Glieder und Organe ermöglicht wird. Die Nahrungsmittel, welche wir zu uns nehmen, seien sie nun Brod, Gemüse, Fleisch, Milch, Eier ꝛc., enthalten 2 brennbare Körper, den Kohlenstoff (Kohle), welcher der Hauptbestandtheil aller Pflanzen und Thiere ist, weßhalb auch, wenn man Pflanzen (Holz) oder thierische Substanzen (Knochen, Horn, Blut ꝛc.) in verschlossenen Gefäßen zum Glühen erhitzt, Kohle zurückbleibt, und Wasserstoff, derjenige Stoff, welcher bei seiner Verbindung mit Sauerstoff das Wasser bildet, welches dem Gewichte nach aus 1 Gewichtstheil Wasserstoff und 8 Gewichtstheilen Sauerstoff besteht. Die Nahrungsmittel nun, welche wir zu uns nehmen, werden durch den Verdauungsapparat zunächst in Nahrungs- oder Milchsaft verwandelt, welcher später mit dem Blute vermischt wird und mit diesem in's Herz gelangt, von wo das Blut in die Lunge getrieben wird, dasjenige Organ unseres Leibes, in welchem die Vermischung des Blutes mit der eingeathmeten Luft stattfindet; das in die Lunge von der

Digitized by Google

rechten Seite des Herzens eindringende Blut ist nämlich dunkelroth gefärbt, sobald es aber in der Lunge mit der Luft vermischt worden ist, nimmt es eine hellrothe Farbe an, geht in die linke Herzhälfte zurück und wird von dieser durch die Pulsadern in alle Theile des Körpers getrieben und vertheilt, um im ganzen Körper Wärme zu verbreiten und das Leben zu unterhalten; dieses geschieht nur dadurch, daß es Sauerstoff (Lebensluft) aufgenommen hat und diesen in alle Theile des Leibes führt. Nachdem es seine Wirkung geäußert hat, kehrt es wieder mit frischem Nahrungssaft vermischt, als dunkelrothes Venenblut, in die rechte Herzhälfte zurück, um von da wiederholt in die Lunge zu gelangen und von Neuem gesauerstofft (oxydirt) oder belebt zu werden; jeder Pulsschlag ist ein solcher Moment des Ein- und Ausströmens des Blutes in und aus dem Herzen, jeder Athemzug eine neue Belebung des durch die Venen zurückgekehrten dunklen Bluts. Beim Athmen wird aber nur der Sauerstoff der Luft verzehrt, der Stickstoff wird unverändert wieder ausgeathmet, und durch genaue Versuche ist ermittelt worden, daß kaum eine Spur von ihm verschwindet, während der größere Theil von dem Sauerstoffgehalt der Luft verzehrt wird. Die ausgeathmete Luft enthält aber noch eine andere Luftart, welche Kohlensäure genannt wird, dieselbe Luftart, welche entsteht, wenn Kohle, oder kohlenstoffhaltige Körper (Holz ꝛc.) verbrennen. Daraus ergiebt sich, daß unser Athmungsproceß in der That ein Verbrennungs- oder Oxydationsproceß sei, und daß derselbe, weil er innerhalb einer wässerigen Flüssigkeit, dem Blute, stattfindet, nicht mit Feuererscheinung, sondern nur mit der Entwickelung einer mäßigen Wärme — der Blutwärme = 28°—30° R. vor sich geht. Jedes neu entstehende Leben, sei es nun der Embryo eines Thieres, sei es der erwachende Keim eines Samens, erfolgt nur durch die Einwirkung des Sauerstoffs, welche dann durch das ganze Leben des Thieres oder der Pflanze fortwirkt und selbst bei ihrem Tode nicht aufhört, indem der Einfluß des Sauerstoffs

Digitized by Google

auf den Leichnam des Thieres, auf die abgestorbene Pflanze so lange fortwirkt, bis beide in Asche, d. i. in unverbrennliche Substanz, und in Kohlensäure und Wasser verwandelt worden sind.

Würde die Atmosphäre ganz aus Sauerstoff bestehen, so würde die Oberfläche der Erde in kurzer Zeit durch einen Weltbrand in einen Aschenhaufen verwandelt, und alles organische Leben dadurch zerstört werden; durch den Stickstoff wird aber glücklicherweise der Einfluß des Sauerstoffs gemäßigt, so daß der Verbrennungs- und Athmungsproceß in möglichster Gleichmäßigkeit unterhalten werden. Der Verbrauch des Sauerstoffs für das Leben der Menschen und Thiere ist außerordentlich groß, aber noch bei Weitem größer für die Verbrennung, und wenn nicht dafür gesorgt wäre, daß der verbrauchte, und in Kohlensäure übergeführte Sauerstoff durch einen dem Verbrennungsproceß entgegengesetzten Proceß, den Reductionsproceß, wieder der Luft zugeführt, und dadurch das richtige Verhältniß zwischen den beiden Hauptbestandtheilen der Atmosphäre unterhalten würde, so würde diese schon längst so mit Kohlensäure überfüllt worden sein, daß das thierische Leben nicht mehr möglich wäre. Ein Mensch verzehrt nämlich binnen 24 Stunden durchschnittlich 45 Kubikfuß Sauerstoff, welche ungeheure Menge von diesem Stoff wird aber von den 1200 Millionen die Erde bewohnenden Menschen täglich verzehrt; und wie außerordentlich groß wird erst dieser Verbrauch von Sauerstoff, wenn man erwägt, daß die Thiere gewiß ebensoviel wie die Menschen Sauerstoff verzehren, durch die Brennmaterialien aber gewiß das Doppelte verzehrt wird, da 1 Centner Kohle zur vollständigen Verbrennung $2^2/_3$ Centner Sauerstoff nöthig hat. Wir werden später auf dieses Verhältniß bei dem jährlichen Verbrauch von Steinkohle und der dazu nöthigen Menge Sauerstoffs zurückkommen.

Wenn nun der Sauerstoff als die eigentliche Lebensquelle in der Luft angenommen werden muß, so ist die Bedeutung des anderen Bestandtheils der Luft, des Stickstoffs, wie bereits

Digitized by Google

erwähnt worden, von nicht geringerer Wichtigkeit, denn nur in dieſer Vermiſchung beider Gaſe iſt das Leben der Thiere und Pflanzen möglich, und wenn der Stickſtoff auch nicht direkten Antheil an dem Lebensproceß der Thiere und Pflanzen nimmt, da er unverändert von den Lungen wieder ausgeathmet und von den Pflanzen nicht eingeſaugt wird, ſo iſt doch ſeine Eigenſchaft, die Einwirkung des Sauerſtoffs bei den Verbrennungs- und Athmungsproceß zu mäßigen, Mitbedingung des Lebens. Unter gewiſſen Bedingungen kann der Stickſtoff jedoch auch als Nahrungsquelle für die Pflanzen auftreten, und es fehlen hierüber nur noch genaue Unterſuchungen, um ſeine direkte Theilnahme an dem Ernährungsproceß der Pflanze, und durch deren Vermittelung auch an der Ernährung der Thiere zu beweiſen. Es iſt nämlich bekannt, daß in der atmoſphäriſchen Luft durch Einwirkung der Electricität ſalpetrige Säure gebildet werden kann; bei jedem Gewitter entſtehen nicht geringe Mengen von ſalpetriger Säure; dieſe wird durch den Regen der Erde zugeführt, unter Mitwirkung der organiſchen Subſtanzen in Ammoniak verwandelt, als ſolches von den Pflanzenwurzeln aufgenommen und dient nun zur Erzeugung der ſtickſtoffhaltigen Beſtandtheile der Pflanzen, welche bekanntlich von beſonderer Wichtigkeit für die Ernährung des Thieres ſind, da durch ſie Eiweiß und Fleiſch gebildet werden.

In der atmoſphäriſchen Luft findet ſich aber noch ein dritter Beſtandtheil, welcher, wenn er gleich nur in ſehr geringer Menge in ihr vorhanden iſt, und auch nicht in ſo unveränderlichem Verhältniß wie ihre beiden Hauptbeſtandtheile, weil ſeine Menge von lokalen Verhältniſſen abhängig iſt, doch niemals in ihr fehlt. Dieſer dritte Beſtandtheil iſt die Kohlenſäure. Die Luft enthält davon 0,0004 Volumentheile, was dem Gewichte nach etwa $^1/_{1000}$ beträgt, d. h. in 1000 Pfunden Luft iſt 1 Pfund Kohlenſäure enthalten. Gerade dieſe kleine Menge Kohlenſäure iſt es, welche für das Leben und Gedeihen der Pflanzen von der größten Wichtigkeit iſt, indem ſie ihren Kohlenſtoffgehalt großen-

Digitized by Google

theils aus der Luft beziehen, weil in dem Boden verhältnißmäßig nur geringe Mengen von Kohle enthalten sind; ohne diesen Kohlensäuregehalt der Luft würde die Pflanze nur sehr kümmerlich wachsen und verhältnißmäßig geringe Früchte bringen. Wenn man absieht von dem sehr wechselnden Wassergehalt der Pflanze, welcher in manchen Pflanzentheilen, z. B. in den saftigen Früchten bis zu 90 % steigt, so besteht die Pflanze der Hauptsache nach aus Kohle, wovon man sich leicht bei der Verkohlung des Holzes überzeugt; diese Kohle hinterläßt bei der Verbrennung nur eine sehr geringe Menge Asche, welche die Pflanze durch ihre Wurzeln aus dem Boden aufnimmt; sie beträgt z. B. bei trocknen Kiefernholz etwa $2^1/_2$ Tausendel. Da nun die Kiefer noch in einem Boden fortkommt, in welchem sich nur Spuren von kohlenstoffhaltiger Substanz finden, so muß sie ihren größten Theil Kohle zu ihrem fortwährenden Wachsthum der Luft entnehmen; ohne die Kohlensäure der Luft würde sie verkrüppeln und nie zu einem stattlichen Baum heranwachsen können. Noch auffallender ist dieser Kohlenbezug aus der Luft von manchen saftigen und blattreichen Pflanzen, welche nur eine verhältnißmäßig kleine Wurzel haben, dem Boden also nur wenig, der Luft die meisten Nahrungsstoffe entziehen, z. B. einer Kürbispflanze, deren Wurzel kaum 1 Kubikfuß Boden beansprucht, während sie 4 bis 5 große Früchte von 60—80 Pfund erzeugt, dabei eine große Menge dicker Ranken und sehr vieler fußgroßer Blätter entwickelt, welche der Luft eine sehr große Gesammtfläche darbieten und ihr deßhalb eine um so größere Menge Kohlensäure und andere in der Luft gelöste oder suspendirte Pflanzennahrungsstoffe entziehen können.

Der Körper der Thiere und des Menschen besteht aus denselben Bestandtheilen wie die Pflanze, denn die Pflanze ist ja das Nahrungsmittel für beide; ohne die Pflanze ist die Existenz beider unmöglich; die Pflanze spielt die Vermittelungsrolle für den thierischen Organismus zwischen diesem und der unorganischen

Digitized by Google

Natur. Das Thier hat keine Organe, um mineralische Bestandtheile aus der Erde aufzunehmen, keine Organe, um aus der Luft Kohlensäure einzusaugen und diese in kohlenwasserstoffhaltige Nahrungssubstanz umzubilden, keine Einrichtung, um den für es unentbehrlichen Stickstoff zu assimiliren. Die Pflanze verwandelt die unorganischen, an und für sich unbelebten und lebensunfähigen Stoffe in lebensfähige Substanz, um endlich durch eine wiederholte Metamorphose in die höhere organische Entwickelung, in das Thier überzugehen und in dessen höchster Entwickelung, im Menschen, ihre Bestimmung zu vollenden. Wer sollte in diesem wunderbaren Zusammenhange des Minerals, des an und für sich Todten, mit dem Leben des Thiers und des Menschen durch die Pflanze nicht die organische Einheit der Schöpfung erkennen und dadurch von der Einheit und Wirkung eines ewigen mit Absicht handelnden Wesens überzeugt werden!

Im thierischen Körper findet man aber einen Bestandtheil angehäuft, der in der Pflanze nur in verhältnißmäßig geringerer Menge enthalten ist, nämlich den phosphorsauren Kalk; dieser ist für den thierischen Organismus von der größten Bedeutung, denn er bildet die festen und harten Theile des thierischen Körpers, das Knochengerüste, und ist auch in allen anderen thierischen Stoffen: im Blut, Fleisch, Horn, Haaren, Häuten ꝛc. enthalten, und wird in dem Harn der Fleischfresser und im Urin in großer Menge fortwährend wieder ausgeschieden. Das Gewicht des Skeletts ist etwa der elfte Theil von dem des ganzen Körpers des Menschen, und die Knochen selbst bestehen wieder aus $^2/_3$ unverbrennlicher, erdiger Substanz, der Knochenerde, und $^1/_3$ verbrennlicher Substanz, dem Knochenleim. Die Knochenasche oder Knochenerde besteht der Hauptsache nach aus basisch phosphorsaurer Kalkerde mit geringen Mengen kohlensaurer Kalkerde. Die Phosphorsäure kann also als ein Hauptbestandtheil unseres Körpers betrachtet werden. Während nun alle Bestandtheile des thierischen Körpers in großer und unerschöpflicher Menge

Digitized by Google

in der Natur vorkommen, nämlich das Wasser, die Kohle, der Sauer- und Stickstoff und die Kalkerde, so findet sich die Phosphorsäure in kaum nennenswerther Menge; in der Ackererde findet man wohl Spuren von Phosphorsäure, welche in diese aber wohl erst durch die Bedüngung mit thierischen Exkrementen gekommen sind, wenn nicht durch die fortwährende Einwirkung der Luft und der atmosphärischen Niederschläge, wie dieses in der Folge bewiesen werden soll. Trotzdem findet sich die Phosphorsäure in nicht geringer Menge im Stroh und in den Samen aller Getreidearten an Kalk- und Bittererde gebunden, so namentlich im Weizenstroh zu 6 Tausendel, in den Weizenkörnern in Verbindung mit Kali, Bitter- und Kalkerde zu 15 Tausendel. Manche saftige und blattreiche Pflanzen erhalten davon noch vielmehr, so sind in der Esparsette 23, im Klee 20, im Hanf sogar 31 Tausendel phosphorsaure Kalk- und Talkerde enthalten. Die Thiere erhalten demnach die große Menge phosphorsaurer Salze, welche sie zur Bildung ihres Knochengerüstes nöthig haben, aus den Pflanzen. Die Pflanzenfresser scheiden in ihrem Harn und Exkrementen nur Spuren von phosphorsauren Salzen aus, weil sie diese zur Bildung ihres Körpers verbrauchen, während der Harn der Fleischfresser und der Vögel außerordentlich reich an phosphorsauren Salzen ist, weil diese Thiere Nahrungsmittel genießen, die viele phosphorsaure Salze enthalten, deren Ueberschuß durch die Sekretionsorgane wieder ausgeschieden wird. Man hat nun die Meinung aufgestellt, daß durch den fortwährenden Anbau der Getreidearten, des Tabaks, Klees und überhaupt der saftigen Culturkräuter, welche die phosphorsauren Salze dem Ackerboden entziehen, der letztere nach und nach so ausgesogen werden würde, daß er von Jahr zu Jahr geringere Ernten geben und zuletzt ganz unfruchtbar werden müßte, wenn man nämlich in der Art der Bewirthschaftung der Felder so wie bisher fortfahren würde, da nach genauen Berechnungen die Ausfuhr der phosphorsauren Salze durch die Ernten weit größer sei, als die

Digitized by Google

geringe Einfuhr derselben durch den Stallmist in den Ackerboden. Um diesen Uebelständen zu begegnen, hat man mineralische Düngungsmittel, namentlich auch gebrannte Knochen, als Ersatz für die durch die Ernten ausgeführt werdenden phosphorsauren Salze vorgeschlagen, welche sich aber als vollkommen wirkungslos erwiesen haben, wie dieses auch die weiter unten mitgetheilt werdenden Resultate über die heurigen Versuche in unserem Versuchsgarten wiederholt bestätigen. Durch die genauen Untersuchungen de Saussure's ist unzweifelhaft nachgewiesen worden, daß die Pflanze den größten Theil ihres Kohlenstoffgehaltes aus der Atmosphäre erhält, indem sie die Kohlensäure derselben in Kohle, welche sie einsaugt und zu ihrem Wachsthum verbraucht, und in Sauerstoff, welchen sie ausdünstet, zerlegt; die Pflanze lebt deßhalb von der Luft, denn ihre festen Bestandtheile sind, wenn wir absehen von der verschwindend geringen Menge Aschenbestandtheile lediglich Kohlenstoff. Die Pflanze steht in dieser Beziehung wieder in einem höchst merkwürdigen Rapport mit dem Thier, denn das Thier kann seinen Kohlenstoff nur durch die Vermittelung der Pflanze zur Erhaltung seines Lebens und zum Wachsthum seines Körpers erhalten, für das Thier ist die Kohlensäure der Luft nicht vorhanden, für das Thier ist die Kohlensäure als Gas im Gegentheil Gift, denn ein Thier kann in einer Atmosphäre, welche nur einige Procente Kohlensäure enthält, nicht mehr leben, sondern muß darin ersticken, während die Pflanze in einer solchen Luft üppig gedeiht, und in demselben Maaße, in welchem sie Kohlensäure einsaugt, Sauerstoff ausdünstet. Das Thier hat zu seiner Existenz unverbrannten Kohlenstoff nöthig, denn nur durch diesen ist der Athmungsproceß, die Aufnahme von Sauerstoff und dadurch die Unterhaltung des Lebens möglich, es scheidet einen großen Theil der aufgenommenen unverbrannten Kohle durch den Athmungsproceß wieder als verbrannte Kohle, als Kohlensäure ab; die Pflanze hingegen hat zu ihrem Leben verbrannte Kohle, d. i. Kohlensäure nöthig, und athmet dafür Sauerstoff aus. Die

Digitized by Google

Pflanze ist organisch gewordener Reductionsproceß, das Thier organisch gewordener Oxydationsproceß, beide, Pflanze und Thier bilden den Gesammtorganismus, beide sind sich nothwendig ergänzende Theile eines zusammengehörenden Ganzen, das Exkret des Einen ist Nahrungsmittel, also Lebensbedingung für das Andere, das Thier athmet Sauerstoff ein und Kohlensäure aus, die Pflanze athmet Kohlensäure ein und Sauerstoff aus. Durch diese Gegenseitigkeit wird aber auch das Gleichgewicht von Sauerstoff und Kohlensäure in der Luft erhalten, denn soviel die Thiere der Luft Sauerstoff entnehmen und sie dadurch ärmer an ihrem Gehalt an Lebensluft machen, so viel geben sie der Atmosphäre Kohlensäure zurück; diese aber wird je nach dem Verhältniß ihrer Menge wieder von den Pflanzen aufgesaugt und von ihnen im gleichen Verhältniß als Sauerstoff der Luft zurück erstattet, so daß also in dieser Beziehung für ein ewiges, unvergängliches Dasein aller Geschöpfe Sorge getragen worden ist. Bezüglich des Phosphorsäuregehaltes der Pflanzen bin ich abweichender Meinung von den gegenwärtig herrschenden Ansichten in der Agriculturchemie. Ich habe nämlich schon früher die Meinung ausgesprochen, daß die Pflanzen nicht allein ihren Kohlenstoffgehalt, sondern auch ihren Gehalt an Schwefel und Phosphor nicht blos dem Erdboden, sondern theilweise auch der Luft verdanken *); wir haben darüber freilich so viel wie keine Erfahrungen, nur daran will ich erinnern, daß man schon vor längerer Zeit Versuche mit dem Samen von Gartenkresse gemacht hat, welchen man in ganz reinem Quarzsand unter Begießung mit destillirtem Wasser aufwachsen ließ, wobei die später verbrannten Pflanzen eine Asche zurückließen, deren Schwefelgehalt viel größer war, als jener der Samen, aus welchen die Pflanzen gezogen worden waren. Die Vermehrung des Schwefelgehaltes mußte

*) Siehe meine Mittheilungen und Vorschläge aus dem Bereiche der Agriculturchemie. Erlangen 1856. S. 21 — 22.

Digitized by Google

also entweder durch organische Kräfte hervorgebracht worden sein, eine Meinung, welcher Niemand mehr zugethan ist, oder der Schwefel mußte von der Pflanze aus der Luft aufgenommen worden sein, eine jetzt allgemein gewordene Ansicht, obwohl es bis jetzt noch nicht gelungen ist, Schwefel direkt aus der Luft abzuscheiden. Da es nun für die Landwirthschaft von hohem Interesse ist, sowohl in praktischer wie in theoretischer Beziehung vollkommnere Einsichten über die Einwirkung der Luft auf das Wachsthum und das Gedeihen der Pflanzen zu erhalten, so unternahm ich Versuche, durch welche ich die noch unbekannten Nebenbestandtheile der Luft aufzufinden und namentlich den Gehalt der Luft an Schwefel- und Phosphorsäure direkt nachzuweisen bemüht war. Versuche, die Luft durch Flüssigkeiten strömen zu lassen, welche die Nebenbestandtheile der Luft aufnehmen sollten, mißglückten, d. h. sie führten zu einem negativen Resultate, und wer sich erst einmal die Mühe geben und etwa 1000 Kubikfuß Luft mit Hilfe eines Aspirators durch ein Dutzend Woulf'sche Flaschen strömen lassen will, und dann nur zweifelhafte Spuren von den gesuchten Substanzen findet, wird diese Versuche bald wieder fallen lassen. Die Betrachtung der Pflanzen, namentlich der Blattreichthum der Bäume, durch welchen mancher Baum der Luft gewiß mehrere Tausend Quadratfuß Fläche darbietet, brachte mich auf den Gedanken, eine eigenthümliche Vorrichtung zu construiren; ich baute mir nämlich ein Dach von Leinwand, welches zwischen 4 Pfählen ausgespannt war. Die neue Leinwand war zuerst in destillirtem Wasser eingeweicht und mehrmals sorgfältig ausgewaschen worden. Sie wurde hierauf durch 2 Stangen dachartig aufgespannt und zwar so, daß nachdem eine Flüssigkeit von der höher liegenden Seite des Leinwanddaches auf demselben herabrieselte, diese an der unteren Seite des Leinwanddaches an der etwas geneigten Stange in Folge der Adhäsion herablief und in ein untenstehendes Glasgefäß aufgefangen wurde. Es waren 3 solcher Leinwanddächer am 3. August vorigen Jahres aufgestellt worden. Das eine

Digitized by Google

Dach wurde mit sehr verdünnter Salzsäure überrieselt; sie enthielt durchschnittlich 2—3 pCt. chemisch reiner Säure von 1,22 spec. Gewicht. Das andere Dach wurde mit einer sehr verdünnten Natronlauge, 1 Theil ganz reines trockenes Natronhydrat auf 99 Theile destillirten Wassers überrieselt, um die electronegativen Bestandtheile der Luft aufzunehmen, wie das erste Dach zur Aufnahme der electropositiven Bestandtheile der Luft dienen sollte. Endlich wurde das 3. Dach, nachdem es mit destillirtem Wasser angefeuchtet worden war, mit fein gemahlenem, reinen gebrannten Gyps übersiebt; ich beabsichtigte dabei die Einwirkung der Luft auf den Gyps kennen zu lernen. Die am unteren Ende des Daches aufgefangene Flüssigkeit wurde in die oberen Gefäße zurückgegossen, so daß dieselbe Flüssigkeit 3—4mal über das Dach hinweglief, bis sie soweit verdampft war, daß wieder eine Menge frischbereiteter Flüssigkeit oben auf gegeben wurde. Je nach der Lufttemperatur, welche von 15°—27° R. wechselte, waren auch verschiedene Mengen der Flüssigkeit nöthig, um die Leinwanddächer immer gleichmäßig feucht zu erhalten. Die Ueberrieselung wurde von Morgens 6 bis Abends 8 Uhr unterhalten, und während der Nacht ausgesetzt; die Dächer waren am folgenden Morgen immer stark bethaut und ganz feucht, ja der Thau betrug in kühleren Nächten zuweilen ein Pfund Flüssigkeit von einem Dach; am meisten saugte das mit Salzsäure überrieselte Dach ein, am wenigsten das Gypsdach. Noch muß bemerkt werden, daß jedes einzelne Dach 18 Quadratfuß Fläche, diese wegen der unteren Seite doppelt genommen, also 36 □′ Fläche der Luft darbot. Nachdem die Versuche 3 Tage im Gange gewesen waren, trat Regenwetter ein, wobei die Flüssigkeiten etwas concentrirter angewendet wurden. Jedes Dach lieferte in einem Tag 3—4 Maas Flüssigkeit, das Regenwasser der Nächte wurde ebenfalls von den Dächern aufgefangen und mit der früheren Flüssigkeit vermengt. Nachdem der Regen aufgehört hatte, wurde mit dem Ueberrieseln der Leinwanddächer fortgefahren und nach Verfluß von 8 Tagen

Digitized by Google

war sämmtliches Regenwasser wieder verdampft, und die Flüssigkeiten auf die ursprünglichen Volumina zurückgebracht, wobei von Zeit zu Zeit etwas frische Salzsäure und Natronlauge beigemischt worden war. Die verdünnte Natronlauge hatte sich schon gleich anfangs gelb gefärbt, war aber später durch die fortwährende Einwirkung der Sonne heller geworden. Die salzsaure Flüssigkeit war vollkommen hell, die Gypsflüssigkeit war milchig und nahm einen widrig fauligen Geruch an, während die anderen Flüssigkeiten geruchlos blieben. Nach 14tägiger Ueberrieselung der Leinwanddächer, wobei das Natron vollkommen in kohlensaures Salz übergegangen und die Flüssigkeiten auf je 2 Liter verdampft waren, wurden diese in Porzellanschalen zu einem geringen Volumen eingeengt, die salzsaure Flüssigkeit zuletzt im Dampfbade in einer Retorte eingedampft, wobei der größte Theil der Salzsäure mit überdestillirte. Der Rückstand derselben wurde in einer kleineren Retorte zum Kochen über der Lampe erhitzt, wobei zuerst noch viele Dämpfe von Salzsäure überdestillirten; hierauf destillirte eine prachtvoll violett gefärbte Flüssigkeit über, welche höchst wahrscheinlich eine Anilinverbindung enthielt, denn auch ihr Geruch erinnerte an Steinkohlentheer; zuletzt setzten sich Krystallnadeln von Salmiak im Retortenhals an, der Rückstand in der Retorte färbte sich braun, blähte sich stark auf und entwickelte viele brenzliche Produkte; er wurde zuletzt herausgenommen und in einer Platinschale bis zum Glühen erhitzt, wobei eine kohlige Masse zurückblieb; die erst nach stundenlangem Glühen in eine gelbbraune Asche verwandelt worden war. Diese Asche wurde mit destillirtem Wasser behandelt, die verdampfte Lösung hinterließ ein schneeweißes Salz, welches zum großen Theil aus Chlornatrium (Kochsalz) bestand, mit deutlichen Spuren von Chlorkalium und Chlorcalcium, und zweifelhaften Spuren von Chlormagnesium. Der unlösliche Rückstand wurde mit verdünnter Salzsäure behandelt, in welcher sich derselbe theilweise mit grünlichgelber Farbe auflöste. Diese Lösung enthielt Kalk, Eisen-

Digitized by Google

oxyd, Manganoxyd und Spuren von Schwefelsäure; der in verdünnter Salzsäure unlösliche Rückstand war in concentrirter Salzsäure bis auf einige Kieselsäureflocken fast ganz löslich und enthielt außer genannten Metalloxyden noch etwas Thonerde. Durch beide Lösungen, sowohl durch die wässerige wie durch die saure Lösung, ließ ich zuvor Schwefelwasserstoff strömen; erstere wurde dadurch nicht, letztere hellbraun getrübt; es setzten sich nach einiger Zeit braune Flocken eines Schwefelmetalls ab, jedoch war, wegen ihrer geringen Menge, nicht zu entscheiden, ob sie Blei, Zinn oder Kupfer enthielten, oder ein Gemenge von mehreren Metallen waren. Die Salzsäure hatte demnach aus der Luft folgende Bestandtheile aufgenommen:

Thonerde,
Natron in großer Menge,
Kali,
Kalkerde,
Bitterde (?) (Magnesia),
Schwefelsäure,
Blei, Zinn oder Kupfer (?),
Eisen und Mangan in größerer Menge,
Kieselerde,
Anilin und
Steinkohlentheerprodukte in großer Menge.

Arsenik konnte ich mit den empfindlichsten Proben nicht auffinden. Die Frage wie diese Stoffe in die Luft kommen, läßt sich einfach dahin beantworten: durch die Schornsteine. Wenn man eine Fabrikstadt an einem kühlen Morgen betrachtet, so ruht gewöhnlich über derselben eine dicke Rauchwolke, welche sich theils in der Luft vertheilt, theils mit dem Thau und Regen niedergeschlagen wird, und erst beim Höhersteigen der Sonne scheinbar verschwindet, ich sage scheinbar verschwindet, denn der Rauch vertheilt sich eben dann so fein, daß er unsichtbar bleibt. In Erlangen finden sich 15 große, zum Theil mit Dampfmaschinen

Digitized by Google

betrieben werdende Bräuereien, eine Spinnerei, deren Kesselöfen täglich 100 Centner Steinkohlen verzehren, eine große Backsteinfabrik, eine Gasfabrik und noch mehrere andere mit Dampfkraft betriebene Fabriken, es ist sonach leicht erklärlich, wie obige mineralische und organische Substanzen in die Luft kommen, welche also auch die Bewohner solcher Fabrikstädte fortwährend einathmen, und in welchen Mengen läßt sich wohl daraus abnehmen, wenn man erwägt, welche große Masse von Luft täglich von einem Menschen eingeathmet wird. Erwägt man nun ferner, daß die Steinkohlenfeuerung über ganz Deutschland verbreitet ist, daß bei der jetzigen Einrichtung der Koch- und Zimmeröfen die Asche in die Luft geführt wird, so muß zuletzt die Luft als das große Reservoir für alle leicht flüchtigen Stoffe gehalten werden, und selbst schwer flüchtige Stoffe wie Eisen und Mangan, welche übrigens als Chlorverbindungen ebenfalls leicht flüchtig sind, und namentlich unter Mitwirkung von starkem Zug und Wasserdämpfen, wie dieses in allen Fabrikanlagen, in welchen Steinkohlen gefeuert werden, der Fall ist, müssen sich in nicht geringer Menge in der Luft verbreiten. Leicht flüchtige und brennbare Stoffe aber, wie Kohle, Schwefel und Phosphor, müssen fortwährend in der Luft aufgelöst bleiben, und wenn man sich daran erinnert, daß im Holz und im Torf wahrscheinlich auch phosphorsaure Salze enthalten sind, welche bekanntlich in großer Hitze unter Mitwirkung von Kohle vollständig reducirt werden, so daß der Phosphor mit in die Luft geführt wird, in welcher er natürlich sogleich in Phosphorsäure übergeht, und aus welcher er durch Regen und Thau zur Erde zurückkehrt; wenn man ferner erwägt, daß bei der Verwesung thierischer Stoffe, wie dieses namentlich bei der Verwesung von Fischen bekannt ist, Phosphorwasserstoffgas gebildet wird, welches in der Luft ebenfalls in Phosphorsäure übergeht: so ist nicht zu bezweifeln, daß die Pflanzen einen großen Theil ihres Phosphorsäuregehaltes ebenso wie die Kohle und den Schwefel aus der Luft erhalten. Der Phos-

Digitized by Google

phor gehört deßhalb mit zu den Körpern, welche den allgemeinen Kreislauf der chemiſchen Stoffe von der Pflanze zum Thier, und von dieſem zurück zur Pflanze durch Vermittelung der Luft durchmachen; der Phosphorgehalt, welchen die Pflanze direkt aus dem Boden aufnimmt, iſt ebenfalls unbedeutender wie dieſer Gehalt an Kohle und Schwefel, welchen ſie aus dem Boden erhält, wenn man erwägt, daß es wieder die Luft iſt, die dem Boden fortwährend Kohle und Phosphor zuführt. Jemehr deßhalb der Boden den Luftwechſel ermöglicht, d. h. jemehr er Luft aufſaugt und wieder abgibt, um ſo mehr wird er auch von den in der Luft aufgelöſten Beſtandtheilen in ſich aufnehmen. Erwägt man nun, daß ein Morgen Ackerland 40,000 Quadratfuß beträgt, daß die Ackererde aus unendlich vielen kleinen Körnern beſteht, welche ſich in abwechſelnder Anziehung und Abſtoßung der Luft in Folge der Anziehung der Feuchtigkeit während der Nachtkühle und Verdampfung derſelben durch die Sonnenwärme bei Tage befinden, daß alſo die wirkſame Oberfläche eines Morgens Ackerlandes der Luft wenigſtens einer Fläche von beiläufig einer Million Quadratfuß gleichkommt, welche ununterbrochen von der Luft beſtrichen wird: ſo iſt es nicht zu verwundern, wenn wir auch ohne phosphorſäurehaltigen Dünger reiche Ernten erzielen, wenn wir nur Sorge dafür tragen, daß der Boden gut gelockert ſei, welches am beſten durch Bearbeitung mit Pflug und Egge und Vermiſchung mit leicht verwesbaren und ſpecifiſch leichten Stoffen, alſo mit einem Worte mit „Stallmiſt“ geſchieht. Die von Einigen geäußerte Furcht, als ob unſere Felder in Folge der fortwährenden Entziehung der phosphorſauren Salze durch den Getreidebau, nach und nach ganz unfruchtbar werden könnten, ſcheint durch obige Vorausſetzungen ganz unbegründet zu ſein, denn ebenſo wenig wie der Sauerſtoff trotz ſeines täglichen enormen Verbrauches jemals vermindert werden kann, und in ſtets unveränderlicher Menge in der Luft gefunden wird, ſind auch Kohlenſtoff, Schwefel und Phosphor in unveränderlichen Mengen als

Digitized by Google

Säuren in der Luft enthalten und wird deren Uebergang in die Pflanzen und Rückkehr in die Luft durch den elementaren Kreislauf, durch die Verbrennung unterhalten.

Die Flüssigkeit, welche aus der Natronlauge erhalten worden war, wurde ebenfalls eingedampft und der trockene gelbliche Salzrückstand mit starkem Alkohol digerirt, wobei eine goldgelbe Tinktur gebildet wurde; die alkoholische Lösung wurde zur Trockne verdampft, der braune salzige Rückstand geglüht, wobei sich einige Salmiakdämpfe entwickelten, und der geglühte Rückstand in Wasser gelöst und auf einen Jod- und Bromgehalt untersucht; er enthielt aber keine Spur von diesen Stoffen, sondern bestand nur aus Chlornatrium mit Spuren von Chlorcalcium. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß bei Anwendung größerer Oberflächen und länger fortgesetzten Versuchen auch Brom und Jod in der Luft gefunden werden, denn ich habe schon früher *) den Gehalt der Steinkohlen an Jod und Brom nachgewiesen, und da diese Stoffe bei der Verbrennung der Steinkohle ebenfalls in die Luft mit übergehen, so ist deren Vorkommen in der Luft nicht zu bezweifeln, wenn wir ganz davon absehen, daß bei der jetzigen großartigen Jodindustrie fortwährend große Mengen von Joddampf in die Luft geführt werden. Das, von der weingeistigen Lösung abfiltrirte Salz war schwach gelblich gefärbt und bestand der Hauptsache nach aus kohlensaurem Natron; eine Portion davon wurde mit Salpetersäure stark übersättigt, die Lösung zum Kochen erhitzt und mit molybdänsaurem Ammoniak vermischt, wobei die bekannte Reaction auf Phosphorsäure erhalten wurde. Ein anderer Theil der salpetersauren Lösung wurde mit salpetersaurer Barytlösung vermischt, wodurch eine starke Trübung von schwefelsaurem Baryt erhalten wurde; diese Lösung gab mit Silberlösung einen reichlichen Niederschlag von Chlorsilber. Ich brauche wohl nicht erst hinzuzufü-

*) S. Jahrbuch d. praktischen Chemie und Pharmacie 1849.

Digitized by Google

gen, daß das verwendete Natron zuvor auf seine Reinheit, namentlich auf die vollkommene Abwesenheit von Phosphorsäure, Schwefelsäure und Chlor geprüft worden war. Ein anderer Theil des Natronsalzes wurde mit Salzsäure übersättigt, dann mit Ammoniak gesättigt und mit Bittersalzlösung vermischt, wodurch ein reichlicher flockig krystallinischer Niederschlag von basisch-phosphorsaurer Ammoniak-Talkerde erhalten wurde. Auch aus der salzsauren Lösung des Natronsalzes konnte mit Chlorbaryumlösung ein reichlicher Niederschlag von schwefelsaurem Baryt erhalten werden, es unterliegt somit keinem Zweifel, daß in der Luft Phosphorsäure und Schwefelsäure enthalten sind. Bei der Sättigung des Natronsalzes mit Salzsäure schied sich eine reichliche Menge brauner Flocken ab, welche aus organischen Substanzen bestanden und beim Verbrennen eine Eisen- und Manganoxydhaltige Asche sammt Kieselerde zurückließen. Andere Bestandtheile waren in dem Natronsalz nicht nachzuweisen; die Natronlösung hatte demnach aus der Luft aufgenommen:

Kohlensäure,
Schwefelsäure,
Phosphorsäure,
Chlorwasserstoff,
Eisen-Manganoxyd und Kieselerde.

Wenn nun immerhin auch verhältnißmäßig nur geringe Mengen von Schwefel- oder Phosphorsäure in der Luft enthalten sein mögen, so sind dieße gewiß so bedeutend, daß sie hinlänglich sind, um der Vegetation die nöthige Menge dieser Bestandtheile darzubieten. Meine seit 10 Jahren über die Ernährung der Pflanzen und die Wirkung unorganischer Düngungsmittel fortgesetzten Versuche, namentlich über die Wirkung gebrannter Knochen, Kali- und Natronsalze, Schwefel-, Phosphor- und Salzsäure, haben mich überzeugt, daß die Phosphorsäure durch Schwefelsäure als Düngungsmittel sehr wohl ersetzt werden könne, daß in den Knochen weniger die Phosphorsäure, als deren Leimge-

Digitized by Google

halt die düngende Wirkung verursache und die düngende Wirkung des sogenannten Superphosphats (eine Vermengung von Knochenmehl mit Schwefelsäure) weniger auf die freie Phosphorsäure als auf den in Lösung übergegangenen Leim zu schieben sei. Zumal es bekannt ist, daß gebrannte Knochen auch nicht die geringste Düngungskraft besitzen. Die düngende Kraft der Mineralsäuren, welche jedoch nicht sehr bedeutend ist, besteht eines Theils darin, daß sie den Erdboden aufschließen und humificirend auf die organischen Bestandtheile des Ackerbodens wirken, anderen Theils, daß sie fortwährend mit großer Begierde Feuchtigkeit und Ammoniak aus der Luft aufnehmen und dem Boden zuführen.

Die Gypslösung wurde wie die anderen Lösungen behandelt; beim Eindampfen schied sich viel Gyps ab, es entwickelte sich ein eigenthümlicher fleischbrühähnlicher Geruch, der trockene Rückstand mit Natron zusammengebracht entwickelte eine reichliche Menge von Ammoniak, aus dem trockenen Rückstand konnte durch Wasser schwefelsaures Ammoniak ausgezogen werden. Der auf dem Leinwanddache zurückgebliebene Gyps entwickelte beim Uebergießen mit Salzsäure reichliche Kohlensäurebläschen und war demnach durch die längere gleichzeitige Einwirkung von Wasser und Luft theilweis in kohlensauren Kalk verwandelt worden. Die günstige Einwirkung des Gypses auf die Vegetation in Folge der Einsaugung von Ammoniak unter Bildung von schwefelsaurem Ammoniak, scheint durch obigen Versuch erklärt werden zu können. Gewiß wäre es zu wünschen, wenn auch die Quantität der in der Luft enthaltenen Schwefel- und Phosphorsäure nachgewiesen werden könnte.

Ich habe nun auch Versuche angestellt, um annähernd die Mengen von Phosphorsäure zu bestimmen, welche alljährlich durch den Verbrennungproceß insbesondere der Steinkohlen in die Luft geführt werden. Ich bin dadurch zu ganz überraschenden Resultaten gelangt, welche beweisen, daß nur durch die Verbrennung der Steinkohlen in einem einzigen Jahre mehr Phosphorsäure in die Luft geführt wird, als die Vegetation der ganzen Erde

Digitized by Google

vielleicht in 20 Jahren davon nöthig hat, so daß also der ganze Phosphorsäuregehalt, welchen die Pflanzen zu ihrem Wachsthum gebrauchen, von denselben in reichlichster Menge, ebenso wie der Kohlenstoff aus der Luft bezogen und durch die atmosphärischen Niederschläge fortwährend dem Boden zugeführt wird. In der Steinkohlenasche findet man nämlich kaum Spuren von Phosphorsäure; ich habe Steinkohlenasche von mehr als 10 verschiedenen Gruben untersucht und darin nur Spuren von Phosphorsäure gefunden; andere Chemiker, welche sich mit der Untersuchung der Steinkohlenasche abgegeben haben, konnten keinen Phosphorsäuregehalt in ihr auffinden, woraus man schließen könnte, daß keine Phosphorsäure in den Steinkohlen enthalten sei. Erinnert man sich aber an die künstliche Darstellung des Phosphors aus der Knochenasche, so ist es leicht erklärlich, warum in der Steinkohlenasche keine Phosphorsäure zu finden ist. Man erhält den Phosphor aus den gebrannten Knochen, indem man diese mit der nöthigen Menge verdünnter Schwefelsäure übergießt, wodurch die Phosphorsäure der Knochenasche in Lösung übergeht, während sich die Schwefelsäure mit dem Kalk der Knochen zu sich abscheidendem Gyps verbindet, die wässerige Phosphorsäure wird hierauf eingedampft mit Kohlenpulver vermischt und dieses Gemenge in thönernen Retorten zum starken Glühen erhitzt, wobei der Phosphor überdestillirt und in mit Wasser gefüllten Gefäßen aufgefangen wird. Bei der Verbrennung der Steinkohle, welche nur bei großer Hitze stattfindet, wird die in ihnen enthaltene Phosphorsäure ebenfalls durch die glühende Kohle reducirt, der Phosphor verflüchtigt, aber sogleich wieder durch den Luftzug in Phosphorsäure verwandelt und mit den Verbrennungsgasen in die Luft geführt. Ich habe nun den Phosphorsäuregehalt der Steinkohlen auf folgende Weise gefunden: $^1/_2$ Pfund feingepulverte Steinkohle wurde mit ihrem gleichen Gewichte reinen Salpeterpulvers vermischt, und dieses Gemenge in einem glühenden Schmelztiegel eingetragen, wobei es langsam verpuffte; in die glühende Masse wurde dann so lange Luft eingeblasen, bis alle Kohle verbrannt und

Digitized by Google

eine bäulich gefärbte Salzmasse zurückgeblieben war; diese wurde in Wasser gelöst, wobei zugleich ein in Wasser unlöslicher Rückstand erhalten wurde; in der wässerigen Lösung fand sich phosphorsaures Kali, der unlösliche Rückstand war ein Gemenge von phosphorsaurem Kalk und Eisenoxyd, die Menge der Phosphorsäure wurde nach der bekannten Methode als basisch phosphorsaure Talkerde bestimmt, und in 100 Theilen Steinkohle 1,16 Theile Phosphorsäure gefunden. Erwägt man nun, daß der Verbrauch der Steinkohle als Brennmaterial ein ganz außerordentlicher ist, denn in England allein werden alljährlich mehr als 80 Millionen Tonnen Steinkohlen (die Tonne wiegt 20 Centner) also 1600 Millionen Centner gewonnen; rechnet man nur im übrigen Europa 500 Millionen Centner und in Amerika eine gleiche Menge von alljährlich gewonnen werdenden Steinkohlen hinzu: so ergiebt sich daraus eine Summe von 2600 Millionen Centner, welche alljährlich als Brennmaterial verbraucht werden, ihren Kohlenstoffgehalt als Kohlensäure, ihren Schwefelgehalt als schwefelige Säure und ihren Phosphorgehalt als Phosphorsäure in die Luft führen. Wenn die Steinkohlen durchschnittlich nur 1 pCt. Phosphorsäure enthalten, nach obiger Untersuchung enthalten sie 1 1/6 Procent, so werden also alljährlich 26,000,000 Centner Phosphorsäure durch den Verbrennungsproceß der Steinkohlen in die Luft geführt, eine so ungeheure Menge, daß wir nicht nöthig haben, unsere Felder mit gebrannten Knochen zu düngen, welches ohnedies vergeblich ist. Ich bin deshalb überzeugt, daß sehr saftige und blattreiche Pflanzen, wie die Gartenmelde, in welcher ich eine ungewöhnlich große Menge phosphorsaurer Salze aufgefunden habe,*) der Tabak, die Kleearten, die Kartoffel ꝛc. nur den geringsten Theil ihres Phosphorsäuregehaltes der Erde verdanken, sondern den größeren Theil dieser Säure aus der Luft aufnehmen, und deßhalb, wenn sie dem Boden wieder zurückgegeben werden, wie das Kartoffelkraut oder die Tabakstrunken, an-

*) Jahrbuch f. Pharmacie und Chemie Jahrg. 1865.

Digitized by Google

ſtatt den Boden arm an Phosphorſäure zu machen, viel mehr zur Bereicherung deſſelben mit dieſer Säure beitragen.

Zur Beſtätigung dieſer Anſicht mögen nur noch folgende Beobachtungen dienen, welche ich heuer in unſerem landwirthſchaftlichen Verſuchsgarten gemacht habe. Schon früher habe ich Verſuche über die phyſikaliſchen Eigenſchaften der verſchiedenen Bodenarten angeſtellt*) und nachgewieſen, daß ſich dieſe ſchon ſehr durch ihr Volumengewicht von einander unterſcheiden, und daß ihre Einſaugungsfähigkeit von Gaſen und Dämpfen im umgekehrten Verhältniß ſteht mit ihrem Volumengewicht. Wenn nämlich das Volumengewicht von reichem Humusboden (Holzerde) = 1 geſetzt wird, ſo iſt das Volumengewicht des Lehmbodens = $4^1/_4$, des Kalkbodens = $5^1/_8$ und des Sandbodens = 6. Während ſich die waſſeranziehende Kraft des Sandbodens und Kalkbodens aus der Atmoſphäre faſt gleich kommen, nimmt der Lehmboden bei gewöhnlicher Lufttemperatur und Waſſerdampfmenge 12mal mehr Feuchtigkeit aus der Luft auf als Sandboden, und der Humusboden ſogar 24mal mehr. Aehnlich verhalten ſich dieſe Bodenarten gegen Kohlenſäure und Luft, welche mit Dämpfen von kohlenſaurem Ammoniak geſättigt iſt. Daraus erſieht man demnach, daß die Einſaugungsfähigkeit des Bodens von Subſtanzen, welche dampfförmig in der Luft ſuspendirt ſind, zu welchen auch die Phosphorſäure zu zählen iſt, abhängig iſt von ſeinen Beſtandtheilen. Je lockerer der Boden iſt, je mehr er kohlenſtoffhaltige Subſtanz d. i. Humus enthält, um ſo mehr wird er aus der Luft Nahrungsſtoffe für die Pflanze verdichten, während ſich der reine Sandboden gegen jene ganz indifferent verhält, woraus ſich alſo zugleich die hohe Bedeutung der Bedüngung der Felder mit Stallmiſt ergiebt, welcher der Hauptſache nach aus verwesbarer kohlenſtoffhaltiger Subſtanz beſteht und die Lockerheit des Bodens am beſten unterhält, und dadurch den Luftzutritt ausgezeichnet

*) a. a. O. S. 37—49.

Digitized by Google

befördert. Nächst dem Humus ist es aber insbesondere der Lehm (Thongehalt) des Bodens, welcher diese Einsaugungsfähigkeit von Dämpfen im hohen Grade besitzt und damit noch den Vortheil verbindet, bei Regenwetter die größte Menge Wassers zu binden und lange zurückzuhalten*). Der Sandboden, welcher unstreitig die verbreitetste Bodenart ist, läßt sich am besten durch Vermischung mit Lehm dauernd verbessern; die kräftigsten Düngerarten wirken nur auf einige Ernten, durch eine starke Lehmdüngung kann der Boden auf viele Decennien verbessert werden. Unser Versuchsgarten enthält 45 quadratische Versuchsbeete von je 10′ Seite = $^1/_{400}$ Morgen; diese Beete bestehen zum großen Theil aus bloßem Sand, wie derselbe die Unterlage des Ackerbodens auf der Erlanger nach Süden hin sich erstreckenden und von einem Kiefernwald begrenzten Sandfläche bildet; er besteht aus 92 Procent Sandkörnern und das übrige aus thonigen Theilen und nur sehr geringen Mengen von Kalk, Kali und Eisenoxyd; er ist deßhalb an und für sich fast ganz unfruchtbar, wird jedoch durch das Besamen mit Unkräutern, namentlich des kanadischen Berufskrauts (Erigeron canadense), und die fortwährende Einwirkung der Atmosphäre und deren Niederschläge so weit gebessert, daß Korn, Kartoffel, selbst Tabak darauf gedeihen. Ein Theil der Sandbeete wurde nun mit dem dritten Theil Lehm vermischt, ein anderer Theil der Beete mit ebenso viel Lehm und $^1/_6$ gebranntem Kalk, ein dritter Theil der Beete mit $^1/_6$ Kalk. Mehrere Beete bestehen aus gewöhnlicher Ackererde, und einige derselben sind ebenfalls mit Lehm vermischt worden. Diese Beete wurden mit den nachfolgenden Düngungsmitteln bedüngt und am 26. August vorigen Jahres mit je 125 Grammen Winterkorn in 9 Furchen angesäet. Am 16. Juli wurde das Getreide geschnitten und am 17. eingeerntet und gewogen.

---

*) S. meine Abhandl. „Die Bedeutung des Lehms für die Landwirthschaft. Erlangen 1863.

Digitized by Google

		Pfund.	Loth.
1.	Sand, Lehm und Kalk, gedüngt mit 2 Pfd. getrockneten Blut. Stroh $6\frac{1}{2}'$ lang, Aehren 5″ lang mit durchschnittlich 46 großen Körnern	9	24
2.	Das gleiche Beet, ungedüngt. Stroh, Aehren und Körner wie von 1.	6	2
3.	Sand und Lehm, gedüngt mit 2 Pfd. getrocknetem Blut. Stroh, Aehren, Körner wie 1.	9	12
4.	Sand und Lehm ungedüngt. Stroh, Aehren Körner wie 1.	4	8
5.	Dasselbe Beet ungedüngt, außerdem wie 1.	3	28
6.	Ackererde ungedüngt, 5′ langes Stroh, 4″ lange Aehren mit 36 Körnern	3	24
7.	Ackererde stark mit Gyps gedüngt, wie 6.	3	24
8.	Ackererde mit Lehm, wie 1.	4	16
9.	Ackererde im September angesät	2	12
10.	ditto ditto 4′ langes Stroh, 2″ lange Aehren mit 20 Körnern	2	4
11.	Sand und Kalk. 4′ langes Stroh mit 3″ langen Aehren	1	28
12.	Sand mit Bierhefe stark gedüngt. $5\frac{1}{2}'$ langes Stroh mit Aehren und Körnern wie 1.	6	18
13.	Sand mit 2 Pfd. gemahlener Knochenasche. $2\frac{1}{2}'$ langes Stroh, mit $\frac{1}{2}$″ langen Aehren, 4—5 kleinen Körnern	1	15
14.	Sand ungedüngt. Stroh, Aehren und Körner wie 13	1	16

Die übrigen Sandbeete waren mit Schwefelsäure, Salzsäure, phosphorsauren Kali, phosphorsauren Natron, Staßfurther Kalisalz, schwefelsaurem Natron, und Gyps gedüngt worden, ohne daß merkliche Wirkungen beobachtet werden konnten, die Ernte schwankte zwischen 1 Pfd. 16—20 Loth, und war demnach nicht größer als im bloßen ungedüngten Sande.

Bei einem Sandbeet wurde noch im Herbst die Saat bei trockenem Wetter mit gemahlenem Lehm $\frac{1}{2}$″ dick überstreut, bei

Digitized by Google